

Modulation process and noise reduction for frequency converters e.g. for power supply of three=phase machine

Patent number: DE19651281
Publication date: 1998-06-25
Inventor: LEIFERT TORSTEN DR ING (DE)
Applicant: STILL GMBH (DE)
Classification:
- **international:** H02M7/48; H02M1/08; B60L11/18; H02P7/63
- **european:** H02M7/5395
Application number: DE19961051281 19961210
Priority number(s): DE19961051281 19961210

Report a data error here

Abstract of DE19651281

The AC supply 1 is rectified with a bridge network 2 and supplies the intermediate voltage circuit 3 of the pulse converter. An inductance and capacitance 4,5 are used to reduce the AC component in the intermediate voltage. On the load side is an AC inverter 6 that provides variable voltage and frequency. The control signals for the AC inverter is provided by a pulse-width modulator 8.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 51 281 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
H 02 M 7/48
H 02 M 1/08
B 60 L 11/18
H 02 P 7/63

②1 Aktenzeichen: 196 51 281.6
②2 Anmeldetag: 10. 12. 96
④3 Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 196 51 281 A 1

⑦1 Anmelder:
Still GmbH, 22113 Hamburg, DE

⑦2 Erfinder:
Leifert, Torsten, Dr.-Ing., 21339 Lüneburg, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:
DE 39 12 706 A1
EP 06 85 923 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Modulationsverfahren zur Geräuschreduktion bei Frequenzumrichtern

⑤7 Zur Erzeugung von Wechselspannungen einstellbarer Frequenz und Amplitude werden Wechselrichter eingesetzt, deren Ausgangsspannung mit Hilfe einer Pulsbreitenmodulation entsprechend vorgegebener Sollwerte erzeugt wird. Zur Verringerung der dabei auftretenden, störenden Geräusche wird zusätzlich die Frequenz der Pulsfolge moduliert.

DE 196 51 281 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Wechselrichters mittels einer Pulsbreitenmodulation einer periodischen Pulsfolge.

Zur Erzeugung von Wechselspannungen einstellbarer Frequenz und Amplitude werden Wechselrichter eingesetzt, deren Ausgangsspannung bzw. -strom mit Hilfe einer Pulsbreitenmodulation entsprechend vorgegebener Sollwerte erzeugt wird. Beispielsweise wird zur Versorgung einer Drehstrommaschine, die Wechselspannungen im Frequenzbereich bis etwa 300 Hz benötigt, die Pulsbreite einer im kHz-Bereich liegenden Rechteckpulsfolge variiert. Dadurch ergibt sich eine Folge einzelner Stromfluß- und Sperrzeiten am Ausgang des Wechselrichters. Wird die Dauer der Rechteckpulse dem Verlauf eines sinusförmigen Spannungssollwertes angepaßt ergibt sich ausgangsseitig eine stufenförmige Annäherung an die sinusförmige Sollkurve. Durch die Ausgangsinduktivität wird diese dann zu einer im wesentlichen sinusförmigen Schwingung geglättet.

Das entstehende Ausgangssignal ist allerdings keine reine Sinusschwingung, sondern bedingt durch die Pulsbreitenmodulation mit verschiedenen Oberschwingungen, die u. a. von der Induktivität auf der Ausgangsseite bestimmt werden, überlagert. Diese werden durch die Art der Modulation, natürliche oder gleichmäßige Abtastung, und die Pulsfrequenz beeinflusst. Im Frequenzspektrum erscheinen so neben der gewünschten Sollfrequenz, Vielfache der Sollfrequenz, die Pulsfrequenz sowie Vielfache von dieser und Seitenbänder um die Pulsfrequenz, d. h. Kombinationen von Vielfachen der Puls- und der Sollfrequenz. Insbesondere die Pulsfrequenz und deren erste Oberschwingungen führen, beispielsweise beim Betrieb eines Drehstrommotors, zu störenden Geräuschen. Eine Möglichkeit zur Beseitigung dieser Störung ist die Verlagerung der Pulsfrequenz in den nicht hörbaren Bereich oberhalb 16 kHz. Dies ist aber insofern nachteilig, als dadurch proportional höhere Schaltverluste auftreten.

Aufgabe vorliegender Erfindung ist es daher bei einem Verfahren der eingangs genannten Art, störende Geräusche beim Betrieb von Wechselrichtern, insbesondere bei Drehstromantrieben, zu verringern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Frequenz der Pulsfolge moduliert wird.

Zur Erzeugung eines Ausgangssignals aufgrund vorgegebener Sollwerte werden die Pulsbreiten einer regelmäßigen Pulsfolge moduliert. Dadurch entsteht ein Ausgangssignal, dessen Amplitude zu jedem Zeitpunkt proportional zu der jeweiligen Pulsbreite ist, welches aber im Takt der Pulsfolge Abweichungen von der vorgegebenen Sollkurve in Form von Stufen oder Zacken aufweist. Diese mit der Periodendauer der Pulsfolge regelmäßigen Stufen bewirken im Frequenzspektrum starke Signale bei der Pulsfrequenz und bei deren Oberschwingungen. Erfindungsgemäß wird nun die pulsbreitenmodulierte Pulsfolge zusätzlich frequenzmoduliert, d. h. die Pulsfrequenz wird zeitabhängig variiert. Dies bewirkt, daß die Stufen nicht mehr in regelmäßigen Abständen, sondern vielmehr unregelmäßig auftreten. Als Resultat dieser Modulation wird die Signalleistung in einen breiteren Frequenzbereich um die Pulsfrequenz gestreut. Diese Verteilung der Leistung ergibt im Spektrum ein rosa Rauschen, das nicht mehr als herausgehobener Frequenzanteil wahrgenommen werden kann.

Die Modulation erfolgt vorzugsweise mit einem mittelfrequenzfreien Signal. Das bedeutet, daß sich im Mittel die Summe über alle positiven und negativen Frequenzhübe der Modulation genau Null ist. Vorteilhaft wird die Pulsfolge mit einem symmetrisch um die Pulsfrequenz verteilten und/

oder rechteckförmigen Signal moduliert. Das Frequenzspektrum des modulierenden Signals kann eine um die Pulsfrequenz liegende Gleichverteilung, Gaußverteilung oder sonstige symmetrische Verteilung besitzen. Eine derartige Frequenzmodulation sowie die Verwendung eines rechteckförmigen Signals haben den Vorteil, schaltungstechnisch relativ leicht realisierbar zu sein.

Eine besonders wirksame Unterdrückung der störenden Geräusche wird durch eine Modulation mittels eines Zufallssignals erzielt. Als besonders geeignet hat sich ein stochastisches Rechteck- bzw. stufenförmig verlaufendes Signal herausgestellt.

Prinzipiell wird die in der Pulsfrequenz und deren Oberschwingungen beinhaltete Leistung durch einen möglichst großen Frequenzhub, d. h. eine starke Modulation der Pulsfrequenz, am stärksten gestreut. Es hat sich jedoch als vorteilhaft erwiesen, die Frequenz der Pulsfolge um weniger als 10 Prozent der Pulsfrequenz, besonders vorteilhaft weniger als 5%, zu variieren. Durch diese Verfahrensweise wird die gegenseitige Beeinflussung der Pulsbreitenmodulation und der Pulsfrequenzmodulation minimiert, so daß außer der gewünschten Unterdrückung störender Frequenzanteile im wesentlichen keine Rückwirkung der Frequenzmodulation auf das Ausgangssignal auftritt.

Die Pulsbreitenmodulation kann entweder mittels gleichmäßiger oder zweckmäßiger mittels natürlicher Abtastung durchgeführt werden, da bei letzterer Komponenten mit der Frequenz einer der Harmonischen der Sollfrequenz im Spektrum nicht auftreten.

Der Wechselrichter kann auch Bestandteil eines Umrichters sein. Vorzugsweise wird in diesem Fall ein Umrichter mit Gleichspannungszwischenkreis verwendet, da dieser im Vergleich zu einem Umrichter mit Gleichstromzwischenkreis besser modulierbar ist und eine höhere Dynamik besitzt. Grundsätzlich ist aber auch ein Umrichter mit Gleichstromzwischenkreis einsetzbar.

Die Erfindung wird bevorzugt bei der Einprägung sinusförmiger Signale mittels eines Wechselrichters eingesetzt. Besonders geeignet ist das Verfahren daher zur Steuerung und Regelung der Drehzahl bei Drehstromantrieben.

Die Erfindung weist wesentliche Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auf. Durch die Kombination von Pulsbreiten- und Pulsfrequenzmodulation können dem Eingangssignal eines Wechselrichters beliebige Sollkurven eingeprägt werden. Die Frequenzmodulation bewirkt, daß störende Komponenten im Frequenzspektrum des Ausgangssignals unterdrückt oder zumindest verringert werden. Insbesondere bei der Geräuschreduktion hat sich das Verfahren als vorteilhaft erwiesen. Die Erfindung eignet sich besonders zum Einsatz in Flurförderzeugen mit Drehstromantrieb. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können geräuscharme Antriebe mit geringen Schaltverlusten realisiert werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel, das anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert wird.

Fig. 1 zeigt einen Pulsumrichter mit Spannungszwischenkreis, wie er bei einem umrichter gespeisten Drehstrom-Asynchronantrieb eingesetzt wird.

Fig. 2 zeigt das mit einem derartigen Pulsumrichter erzeugte Frequenzspektrum bei der herkömmlichen Pulsbreitenmodulation ohne die erfindungsgemäße Frequenzmodulation.

Ein Drehspannungssystem 1 wird mittels einer Diodenbrücke 2 gleichgerichtet und speist den Spannungszwischenkreis 3 des Pulsumrichters. Zur Verringerung der durch die Gleichrichtung verursachten Wechselspannungs-

anteile in der Zwischenkreisspannung sind eine Induktivität 4 und eine Kapazität 5 vorgesehen. Auf der Lastseite ist ein Wechselrichter 6 mit IGBT und Freilaufdioden vorhanden, der aus der Gleichspannung ein Drehspannungssystem variabler Amplitude und Frequenz erzeugt. Mit diesem wird ein Drehstrom-Asynchronmotor 7 gespeist.

Die Ansteuersignale für den Wechselrichter 6 werden mit Hilfe einer Pulsbreitenmodulation 8 erzeugt. Hierzu werden die Ausgangsströme des Wechselrichters 6 mit der Meßeinrichtung 9 erfaßt und mit der Sollwertvorgabe 10 verglichen. Die Pulsfrequenz der Pulsbreitenmodulation beträgt 4 kHz.

Gemäß dem Stand der Technik werden bisher die durch die Pulsbreitenmodulation 8 erzeugten Ansteuersignale den IGBT des Wechselrichters 6 zugeführt. Das Frequenzspektrum (siehe Fig. 2) der Ausgangsströme des Wechselrichters 6 weist neben der gewünschten Sollfrequenz, d. h. der Ständerkreisfrequenz des Motors 7, die zwischen 0 und 300 Hz liegt, Vielfache der Ständerkreisfrequenz, die Pulsfrequenz, in diesem Fall 4 kHz, sowie deren Harmonische und Seitenbänder um die Pulsfrequenz auf. Insbesondere die in Fig. 2 zu erkennenden Spitzen bei 4 kHz und bei 8 kHz verursachen störende Geräusche.

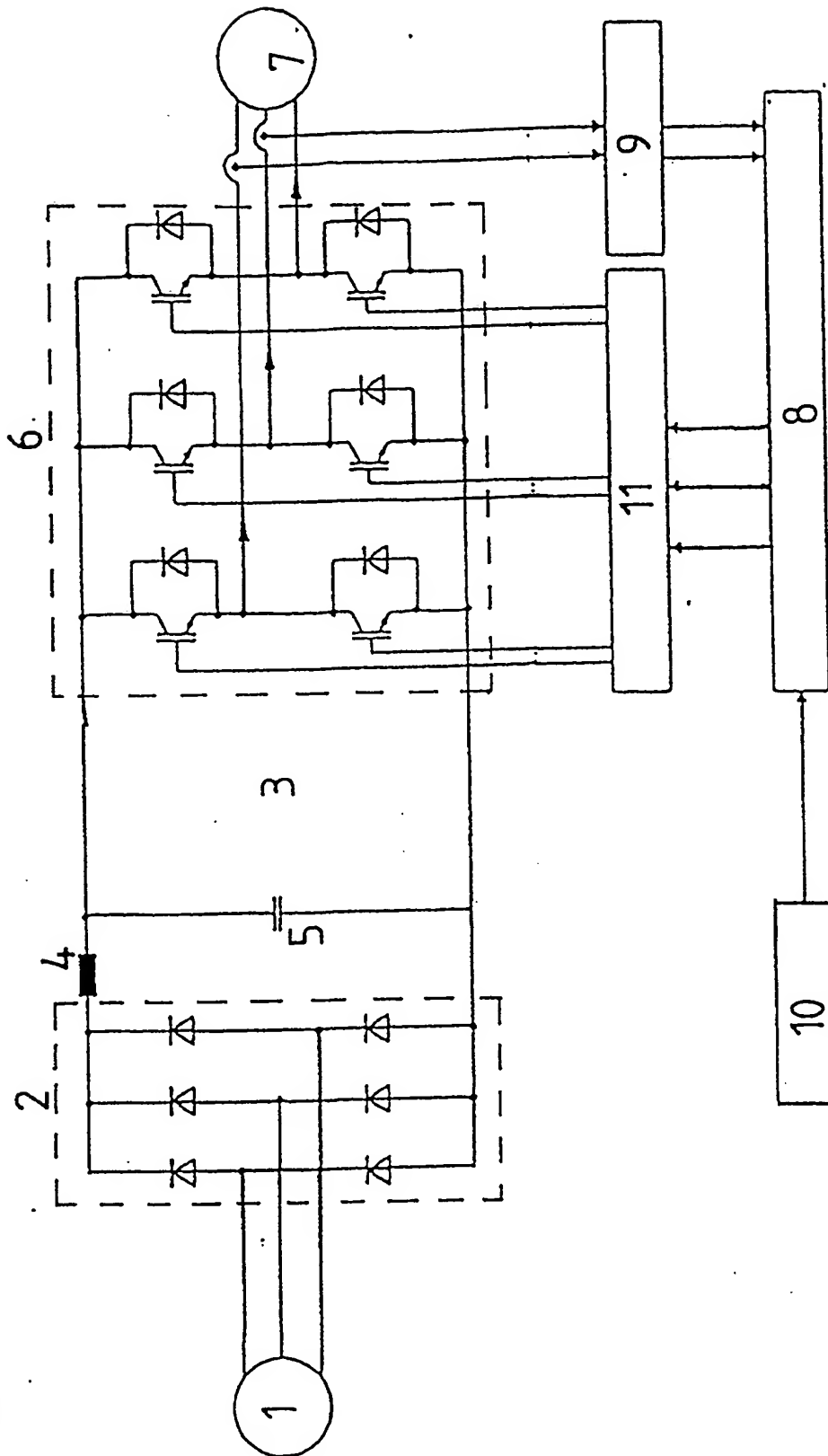
Erfindungsgemäß werden nun die durch die Pulsbreitenmodulation 8 erzeugten Ansteuersignale einer Frequenzmodulation 11 unterzogen. Danach werden die frequenz- und pulsbreitenmodulierten Signale dem Wechselrichter 7 zugeführt. Die Frequenzmodulation 11 wird mit einem gleichverteilten, mittelwertfreien und rechteckförmigen Zufallssignal durchgeführt. Der Frequenzhub beträgt ± 50 Hz. Hierdurch wird die Signalleistung aus der Pulsfrequenz und deren Oberschwingungen in die Seitenbänder um die Pulsfrequenz bzw. um die Oberschwingungen gestreut. Im Frequenzspektrum gemäß Fig. 2 verschwinden daher die deutlichen Spannungsspitzen bei 4 kHz und 8 kHz. Es verbleibt lediglich ein über einen breiten Frequenzbereich gestreutes Hintergrundrauschen, welches nicht als störend empfunden wird.

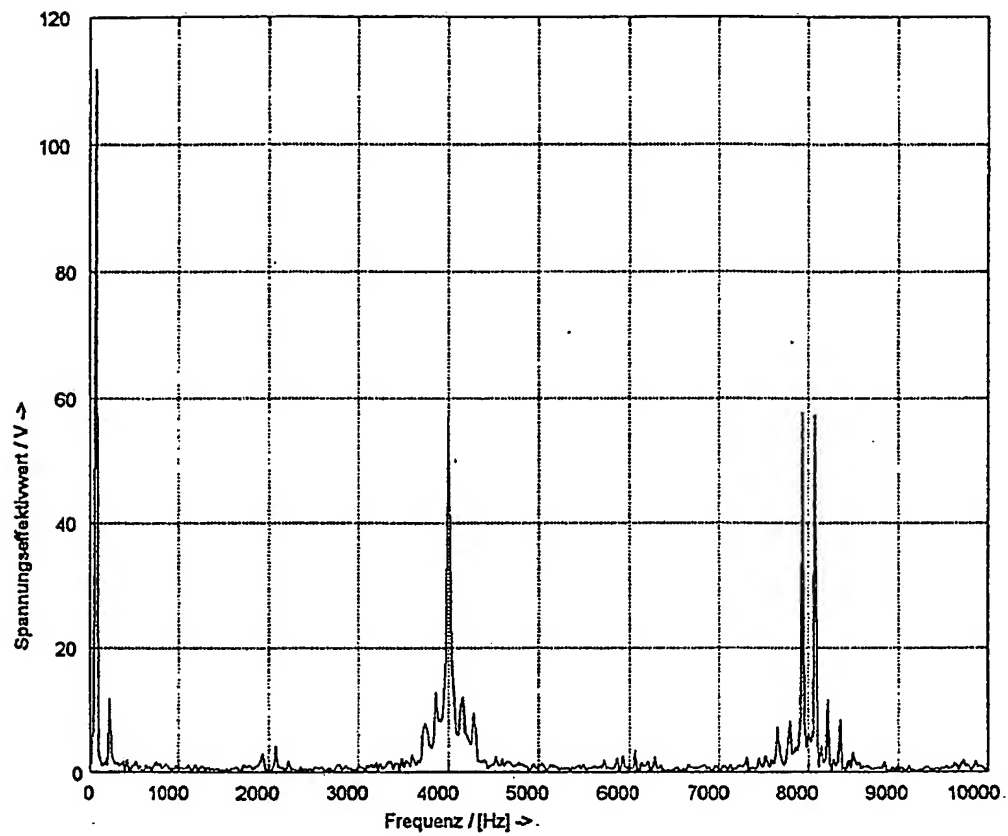
Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Wechselrichters mittels einer Pulsbreitenmodulation einer periodischen Pulsfolge, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Frequenz der Pulsfolge moduliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Pulsfolge mit einem gleichverteilten und/oder mittelwertfreien und/oder rechteckförmigen Signal moduliert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Pulsfolge um weniger als 10%, vorzugsweise weniger als 5%, moduliert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mittels der Pulsbreitenmodulation dem Ausgangssignal des Wechselrichters ein sinusförmiger Verlauf eingeprägt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wechselrichter bei einem Drehstromantrieb gesteuert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wechselrichter bei einem Drehstromantrieb in einem Flurförderzeug gesteuert wird.

- Leerseite -

Figur 1





Figur 2